

SEMICONDUCTOR COOLING APPARATUS AND ITS MANUFACTURE

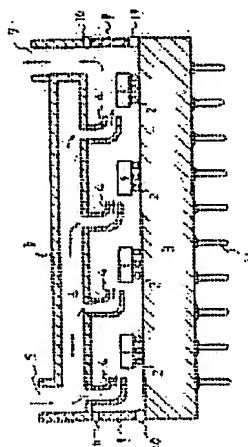
Patent number: JP2082561 (A)
Publication date: 1990-03-23
Inventor(s): KIEDA SHIGEKAZU; NAKAJIMA TADAKATSU; KUWABARA HEIKICHI; SATO MOTOHIRO +
Applicant(s): HITACHI LTD +
Classification:
- international: H01L23/433; H01L23/44; H01L23/473; H01L23/34; (IPC1-7): H01L23/44
- european: H01L23/433J
Application number: JP19880232463 19880919
Priority number(s): JP19880232463 19880919

Also published as:
JP2708495 (B2)
US5021924 (A)

Abstract of JP 2082561 (A)

PURPOSE: To suppress the creation of a nonuniform temperature distribution in a chip and reduce a load applied to connecting solder grains by a method wherein a coolant supply means is so arranged as to make the direction of the flow of the coolant practically in parallel with the rear of the chip.

CONSTITUTION: A module board 3 is sealed with a module sealing cap 8 and side wall sealing plates 9 and the inside of the module is filled with coolant. The module board 3, the module sealing cap 8 and the side wall sealing plates 9 are jointed with each other with solder 10 or the like. The coolant is supplied to the module through an entrance 5 and distributed to a coolant supply means 4 such as nozzles by a header 6 to cool respective chips 1 individually. After the coolant cools the respective chips 1, the coolant is discharged out of the module through an exit 7. The coolant supply means 4 which cools the chip individually and directly spouts out the coolant in the direction practically in parallel with the rear of the chip 1. The coolant spouting outlet of the coolant supply means 4 has a width approximately equal to the width of the chip in order to cool the chip efficiently.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

⑫ 公開特許公報(A) 平2-82561

⑤Int.Cl.¹

識別記号

庁内整理番号

⑬公開 平成2年(1990)3月23日

H 01 L 23/44

6412-5F

審査請求 未請求 請求項の数 21 (全11頁)

⑭発明の名称 半導体冷却装置及びその製造方法

⑯特 願 昭63-232463

⑰出 願 昭63(1988)9月19日

⑱発明者 木 枝 茂 和 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
 ⑱発明者 中 島 忠 克 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
 ⑱発明者 桑 原 平 吉 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
 ⑱発明者 佐 藤 元 宏 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
 ⑲出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
 ⑳代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

半導体冷却装置及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

1. 配線基板上に多数の半導体集積回路チップを搭載し、該集積回路を液体冷媒で冷却するための封止構造を有するマルチチップモジュールにおいて、個々のチップに対し該チップとほぼ同一の幅の冷却用液体噴出口を有する液供給手段を有し、該液供給手段より供給された冷却用流体が該個々のチップの裏面に対して実質的に平行となるように冷却用流体を流すことを特徴とした半導体冷却装置。
2. 該液供給手段の流体出口部流路がチップ裏面に対して平行となるように液供給手段を設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体冷却装置。
3. 該液供給手段の該流体出口部流路のチップに最も近い面がチップ裏面と同一平面上もしくはチップ裏面に対してモジュール基板と反対側に

位置することを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の半導体冷却装置。

4. 該液供給手段の該流体出口部流路のチップに最も近い面を含む平面がチップ裏面と交差し、かつ該流体出口部流路の断面中心軸とチップ裏面とがなす角度 θ が、チップとモジュールを接続する半田粒に対する許容荷重を W 、該冷却用流体の密度を ρ 、該冷却用流体の速度を V 、該流体出口部流路の断面積を A とした場合、 $\theta \leq \arcsin(W/(\rho A V^2))$ であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体冷却装置。
5. 特許請求の範囲第4項において、該流体出口部流路の断面中心軸とチップ裏面とがなす角度 θ が $0 < \theta \leq 35^\circ$ であることを特徴とする半導体冷却装置。
6. 該液供給手段の該流体出口断面が該流体出口部流路に対して傾斜して設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第2項から第4項のいずれかに記載の半導体冷却装置。

7. 該液供給手段の流路断面形状をほぼ長方形あるいはほぼ長円形としたことを特徴とする特許請求の範囲第1項から第5項のいずれかに記載の半導体冷却装置。
8. 特許請求の範囲第6項において、該流体出口断面の高さ h と幅 w の比 h/w が $0.1 \leq h/w \leq 1.0$ であることを特徴とする半導体冷却装置。
9. チップを冷却した後の流体が流れる流路をそれぞれのチップごとに設け、かつ該チップを冷却した後の流体が流れる流路を、該液供給手段よりなるチップを冷却する流体を導入するための流路と独立して設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項から第7項のいずれかに記載の半導体冷却装置。
10. 特許請求の範囲第8項において、該液供給手段の流路断面形状をほぼ長方形あるいはほぼ長円形とし、該チップを冷却した後の流体が流れる流路内の流れの方向が、該液供給手段の流路断面の長軸方向と概ね一致するように該モジュールの流体排出口を設けたことを特徴とする半導体冷却装置。
11. チップを冷却するための流体を導入するための流路と、チップを冷却した後の流体が流れる流路に共通して接する流路構成部に、熱伝導率の悪い材料を用いたことを特徴とする特許請求の範囲第8項または第9項のいずれかに記載の半導体冷却装置。
12. チップを冷却するための流体を導入するための流路と、チップを冷却した後の流体が流れる流路に共通して接する流路構成部の表面あるいは内部に、熱伝導率の悪い材料よりなる層を付加したことを特徴とする特許請求の範囲第8項または第9項のいずれかに記載の半導体冷却装置。
13. チップに冷却用フィンを設けたことを特徴とする特許請求の範囲第1項から第11項のいずれかに記載の半導体冷却装置。
14. 特許請求の範囲第12項において、冷却用フィンを流れ方向に分割して設置したことを特徴とする半導体冷却装置。
15. チップに冷却板を流れ方向に直交して設置したことを特徴とする特許請求の範囲第1項から第11項のいずれかに記載の半導体冷却装置。
16. 特許請求の範囲第14項において、冷却板に開孔部を設けたことを特徴とする半導体冷却装置。
17. 冷却用フィンあるいは該冷却板の寸法、形状、個数を各チップの発熱量に応じて変更して設置したことを特徴とする特許請求の範囲第12項記載から第15項記載の半導体冷却装置。
18. 冷却用流体の噴流部と、チップを実装したモジュール基板上の補修用ワイヤの間に流れの遮蔽板を設置したことを特徴とする特許請求の範囲第1項から第16項のいずれかに記載の半導体冷却装置。
19. マルチチップモジュールは、一つのモジュール内に発熱量の著しく異なるチップを混在して搭載したものである特許請求の範囲第1項から第17項のいずれかに記載の半導体冷却装置。
20. マルチチップモジュールは、一つのモジュール内に搭載したチップの発熱量が時間的に著しく変動するものである特許請求の範囲第1項から第17項のいずれかに記載の半導体冷却装置。
21. 個々のチップ毎に直接的に液体を用いて強制対流冷却するための液供給手段と、各液供給手段に冷却用流体を分配するためのヘッダと、チップを浸漬冷却するためにモジュールを封止するためのキャップとが一体となるように製作し、しかるのちその一体となつたキャップをチップを搭載したモジュール基板上に接合することを特徴とする半導体冷却装置の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は大型コンピュータに用いられる高発熱量チップを搭載したマルチチップモジュールなどの半導体の冷却装置及びその製造方法に関する。

〔従来の技術〕

半導体集積回路を基板上に高密度実装する技術の進展に伴い、回路から発生する多量の熱を除去するための手段が種々検討されている。特に近年

の電力消費量が莫大な集積回路の冷却のためには、従来の強制空冷方式に代つて熱伝導体を用い発熱部と冷却用流体間を熱伝導の経路で結び付ける伝導形液冷方式のものや、全体を冷却液の中に浸漬する直接浸漬形の冷却方式のものが検討されている。前者の方式には例えば特開昭52-53547号に記載されているように、チップと水の冷却流路を含むハウジング間にピストンと称される熱伝導体を用い、その熱伝導で冷却するものがある。周知のようにこの様な冷却形態ではチップの補修や交換のためにモジュールは分解可能でなければならない。また熱伝導体はチップ実装時に生じるチップ面の位置のずれや傾きに対しても追従できるような柔軟な構造を持たなければならない。このために上記特許に記載された例では、チップとピストン間ならびにピストンとハウジングの間に空隙を設けているが、この空隙には熱伝導率の小さい気体が封入されているために大きな熱抵抗が生じるという問題がある。さらに空隙内に存在する接触面においては接触熱抵抗が生じ、これも大きな

熱抵抗となる。この理由により上記従来例に示されている例では、チップから冷却水までの熱抵抗の減少には限界があつた。

また米国特許第3,649,738号あるいは特開昭54-44478号にはペローズ等の可動壁を有する冷却体の内部に冷却用流体が流れる流路を設け、これにより冷却された冷却体を直接チップに接触させて冷却する方式が示されている。この方式においてもやはり、チップと冷却体の接触面において大きな熱抵抗が生じるため、チップの発熱を冷却する能力に限界があつた。

一方、上記の伝導形冷却方式に対して、例えば特開昭60-134451号に示されているようにフィンを図着したチップを基板上に実装し、モジュール内を流れる液体の強制対流によつてチップを冷却する直接浸漬形の冷却方式がある。この方式によれば強制対流により効率の良い冷却が可能であるが、例えばその第3図に示されている様にチップを冷却用流体の流れ方向に一列に配置した場合には、流れ方向に冷却用流体の温度が上昇するため、

各々のチップ温度を均一に保つのが困難になるという問題がある。また冷却効率をさらに向上させるためにその第6図に示されている様にチップを千鳥状に配列した場合には、実装密度が減少するとともに各チップを接続するための基板内配線長が増大し、信号処理速度が遅くなるなどの問題点がある。

上記米国特許第3,649,738号あるいは米国特許第4,277,816号では衝突噴流を用いた冷却法が示されている。衝突噴流では例えば日本機械学会編、伝熱工学資料第3版(昭和50年2月)110ページに記載されているように、熱伝導率は噴流の衝突中心位置で最も高く、周辺に向かうにつれて急激に低下するという特徴を有している。このことは衝突噴流を用いてチップの冷却を行う場合、チップ中心部では周辺部に比べて温度が低下することを意味しており、チップ内での温度差に基づくノイズ発生の原因となりうる。通常チップとモジュール基板の回路は多数の微小な半田粒によつて接続される。衝突噴流による冷却方式では、流

体の運動量変化に伴う力が直接チップに作用し、したがってこれらの半田粒に荷重がかかり、半田の強度の信頼性に問題が生じる。特に高い熱量を除去する場合には噴流の速度を増加させる必要があるが、半田粒にかかる荷重は速度の二乗に比例するため、半田粒に対する強度上の問題はより一層深刻となる。このように、高い発熱量を持つチップを従来の衝突噴流方式で冷却する場合は、チップ内の温度分布、また回路接続用半田粒の強度の信頼性に関して大きな問題が生じる。

良く知られているように、モジュール内に実装された多数の回路の出力レベルを均一化し、回路間の温度差に基づくノイズを低減するためには、各チップの温度を一定範囲内に収める必要がある。一つのモジュールにおいて、機能の異なる複数のチップが混在して配置されているような場合には、各チップの発熱量が大きく相違することがある。このような場合にも各チップの温度を一定範囲内に収めるためには、各チップの発熱量に応じて冷却量を変化させる必要がある。ところが上記特開

昭60-134451号に示されている全体を浸漬する方法では、モジュール全体を一括して冷却するため、個々のチップ毎に流れによる冷却特性を変化させることは容易ではない。このことからチップ毎に独立して冷却できる方式が望ましいことがわかる。一方、上記米国特許第3,649,738号ならびに特開昭54-44478号に開示された方法によれば、チップ毎に独立した冷却を行なうことが可能であるが、各チップの発熱量に応じて冷却性能を調整することは困難である。すなわち冷却能力を変化させるには、冷却体に流入する冷却用流体の流量、流速あるいは温度を各チップの発熱量に応じて変える必要があるが、このためにはモジュール内のチップの配置に対応して、流路の寸法や形状を細かく変化させなければならず、生産性の面から好ましいものではない。またそのように工夫したとしても、接触熱抵抗などに含まれる熱抵抗のばらつきは通常大きい。流路の適正化の効果は必ずしも有効に寄与しない。

チップを個別に冷却する方式として、液体噴流

を用いた強制対流沸騰で冷却する方式がコンピュータズ イン メカニカル エンジニアリング 第6巻 第6号(1988年)(Computers in Mechanical Engineering, Springer-Verlag Vol.6, No.6, 1988)の第5図に示されている。この方式では高い熱流束を除去できるが、上述したようなチップの発熱量が異なり、従ってチップごとに除去すべき熱量が異なる場合には、温度均一化のためには噴流の流量、流速、あるいは温度等をチップ毎に変化させなければならず、上記米国特許第3,649,738号あるいは特開昭54-44478号について述べたのと同様の問題点が生じる。このように従来の方式では、チップの発熱量が変化する場合にチップ温度の均一化を図ることに對して十分な配慮はなされていなかった。

マルチチップモジュールでは、チップを実装した後に回路の変更や補修のためにモジュール基板上に設けられた補修用パッド間を配線することがある。配線には補修用ワイヤを用い、ワイヤボンディングにより行われることが多い。液体を用い

て冷却する場合、流体力がワイヤ接続部等に作用すれば、ワイヤが切断したり、ワイヤとモジュール基板部との接合部で剪断応力が発生したり、あるいはワイヤの振動に起因する繰返し応力により接合部が破断することがある。上記特開昭60-134451号ではこの対策として、チップ列を封止用筐体内に納め、モジュール基板上に流体が流れないように配慮した例を示している。しかるにこの例ではチップとモジュール基板間に段差を設けたり、封止を厳密に行わねばならないなど、より複雑な作業工程が必要となる。

〔発明が解決しようとする課題〕

本発明の目的は大電力を消費する半導体集積回路を複数個基板状に実装するマルチチップモジュールにおいて、各半導体集積回路チップあるいはチップを実装したチップキャリアを効率良く冷却でき、かつモジュール内の各チップの温度を均一に保ち、また同一チップ内の温度を均一化し、さらに接続用半田粒に作用する流体力を著しく低減するとともにモジュール基板上の補修用ワイヤに

作用する流体力を減少することのできる半導体冷却装置及びその製造方法を得ることにある。

〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するために、本発明は液体冷却するための封止構造を有するマルチチップモジュールにおいて、各半導体集積回路チップあるいはチップを実装したチップキャリアを個別にかつ直接的に冷却用液体を用いて強制対流冷却するものである。この際液体の流れ方向をチップ裏面と実質的に平行になるように冷却用液供給手段を配線することにより、従来の衝突噴流方式において生じうるチップ内の不均一な温度分布の発生を抑制し、また接続用半田粒にかかる荷重を低減させるものである。また冷却用流体の流れをチップ近傍に集中させることにより、モジュール基板上の補修用ワイヤに作用する流体力を低減するものである。

本発明はさらに、冷却効率を向上させるために、フィン等の伝熱促進板を用い、また上記伝熱促進板の寸法や形状を変化させることにより冷却性能

をチップの発熱量の大小に応じて変化させ、モジュール内の各チップ温度の均一化を達成するものである。

また、本発明の製造方法の特徴は、個々のチップ毎に直接的に液体を用いて強制対流冷却するための液供給手段と、各液供給手段に冷却用流体を分配するためのヘッダと、チップを浸漬冷却するためにモジュールを封止するためのキャップとが一体となるように製作し、しかるのちその一体となつたキャップをチップを搭載したモジュール基板上に接合することにある。

〔作用〕

本発明においては液体を直接チップあるいはチップを実装したチップキャリアに作用させ強制対流冷却するため、従来冷却効率を下げる要因となつていた接触熱抵抗などの熱抵抗を排除でき、効率の良い冷却が可能となる。さらに流体が実質的にチップ表面と平行に流れるため、衝突噴流に比べてチップ表面における熱伝達率がより均一化され、チップ内温度がより均一となり、回路の信頼

性を向上させることができる。また流れをチップ表面と平行にすることにより、上記接触用半田に作用する流体力を大きく低減でき、半田の強度の信頼性を向上させることができる。さらにモジュール基板上の補修用ワイヤにかかる流体力も減少することができ、ワイヤの切断を防止できる。

また本発明においては個々のチップ毎に流体を作用させるため、チップ単位での温度管理が可能となり、モジュール内に配置されたチップの温度を均一化することができ、半導体集積回路の信頼性を向上させることができる。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例を図を用いて説明する。第1図は本発明を用いた一実施例である。半導体回路を形成したチップ1は、微小な半田粒2によりセラミツク等で作られたモジュール基板3上に実装される。この半田粒2はチップ上の回路とモジュール基板3上の回路を電気的に接続するとともに、チップをモジュール基板に固定するための機械的強度も受け持っている。モジュール基板下

面には多数のIOピン11があり、これによりモジュール基板をプリント基板に電気的、機械的に接続する。モジュール基板3はモジュール封止用キャップ8および側壁部封止板9により封止され、内部に冷却用液体を充填させることができる。なお封止用キャップ8および側壁部封止板9は半田10などにより接合される。冷却用液体は入口5よりモジュールに供給され、ヘッダー6により各チップを個別冷却するためのノズル等の液供給手段4に分配される。冷却用液体は各チップを冷却した後、出口7からモジュール外に排出される。4は本発明に係るチップを個別に、かつ直接的に冷却するための液供給手段であり、チップ表面と実質的に平行な方向に冷却用液体を噴出する。該液冷却手段の液噴出口は、チップを効率良く冷却するためにチップとほぼ同一の幅を有することが望ましい。

前述したように衝突噴流では噴流の衝突中心部に高い熱伝達領域が形成される。第2図は衝突噴流を用いた場合のチップ表面上の熱伝達率の一例

であり、チップ中央で高い熱伝達率が得られることがわかる。一方、チップ表面と平行に流体を流す場合、射流熱伝達であるならば、熱伝達率は概ねチップの端からの距離の平方根に反比例する。第3図はそのような場合の熱伝達率の一例を図示したものであり、第2図と比べて熱伝達率はより均一であることがわかる。すなわち後者の方がチップ内の温度はより均一になり、チップの冷却にはより適切であることが示される。

なお冷却用液体は、チップならびにモジュール基板上の回路と直接に接するため、電気絶縁性を有するものでなければならない。またモジュールを構成する材料に対して耐腐食性を有し、さらに化学的に安定なものでなければならない。このような冷却用流体としては、フロン（デュボン社の登録商標）またはフロリナート（スリーエム社の登録商標）等の有機冷媒が良く知られている。液供給手段4から吹き出した冷却用液体はチップ1の上面を通過することにより、チップからの発熱を除去する。

第4図は本発明に係る他の実施例であり、特に液供給手段4の流体出口部流路41をチップ裏面42と平行に設置した例である。このように設置することにより、噴出した流体を実質的にチップ裏面と平行に流すことができる。第4図において、もしも流体出口部流路41のチップに近い側の面41bがチップ裏面よりもモジュール基板側に位置するならば、第5図に示すようにチップ上流側に循環流れ43が生じ、圧力損失が増すとともに、チップ裏面を通過する冷却に有効な流れの流量が減少し、効率が低下する。このような状況を避けるには、上記流体出口部流路のチップに近い側の面41bを少なくともチップ裏面42の位置と同一にするか、チップ裏面に対してモジュール基板と反対側に位置させる必要がある。

第6図は流体出口部流路41をチップ裏面に対して傾けるとともに、噴出される流体がすべてチップ裏面を通過するように液供給手段4を設置した実施例である。噴流がチップ裏面を通過するためには流体出口部流路の最もチップに近い面を

む平面がチップ裏面42と交差するようにすれば良く、図のAはそのような交差点である。出口部流路の傾き θ を流路断面の中心軸とチップ裏面とがなす角度で定義する。また流れの速度を V 、密度を ρ 、流路断面積を A とすれば、チップが受ける力 F は概ね $F = \rho A V^2 \sin \theta$ となる。一方、半田粒に対する許容荷重を W とすると、 $F \leq W$ でなければならない。したがって $\sin \theta \leq W / (\rho A V^2)$ を満たさなければならない。実用的な V 、 A 、 W の値を用いて検討すれば、出口部流路の傾き θ は $0 < \theta \leq 35^\circ$ とするのが適当であることがわかった。

チップ裏面において流れの速度勾配 dV/dz が大きいほど高い熱伝達率が得られ、冷却には有利となる。ここに z はチップ裏面に垂直な方向である。上記液供給手段により噴出した噴流の速度分布は下流に行くにしたがって平坦化し、熱伝達率も低下する。この熱伝達率の低下を防ぐためには、第7図に示したように出口断面40を流路に対して傾斜して設置し、流路のチップから遠い側

の壁41aをチップから近い側の壁41bよりも長くなるようにすれば良い。こうすることにより噴流の主流側境界44の発達は遅くなり、速度分布の平坦化を遅らせることができる。第8図は流路41がチップに対して傾いた場合について、同様の手段を用いた実施例である。

第9図は液供給手段に関する一実施例であり、流路断面26をほぼ長方形としたものである。これにより速度分布は流れの横方向 y にあまり依存しなくなり、冷却には好都合となる。また同様の効果を得るために断面26をほぼ長円形としても良い。

第10図は流体出口断面40を示したものである。出口断面の高さを h 、幅を w とすれば、断面のアスペクト比 h/w の実際的な範囲は必要な流速、流量ならびに液供給のための圧力損失から決定される。また高さ h は流れの速度分布形状とも関連するため、この点からの検討も必要である。これらの諸量、ならびに周囲流体の流動等を検討した結果、実用的な h/w の範囲を、 $0.1 \leq h$

$w \leq 1.0$ とすればよいことが明らかとなった。

第11図は本発明を用いた他の実施例であり、個々のチップ毎にそのチップを冷却した冷却用液体を排出する出口21を設置したものである。これにより、各チップを冷却することにより温度が上昇した冷却用流体の大部分はただちに排出口21より排出され、他の液供給手段から供給される冷却用流体の温度に影響を与えることがなくなり、冷却用流体温度を均一に保つことができる。この実施例はチップの発熱量が時間的に著しく変化する場合のチップ温度の均一化に非常に有効である。すなわち発熱量が時間的に著しく変化するチップを冷却した後の液体温度は時間的に変動しており、これが他のチップを冷却する流体と混合すれば結果として冷却用流体の温度変化が生じ、冷却性能が変動するためである。さらにより一層温度管理を厳密にする必要がある場合には、液供給手段4の材料、ならびに液排出用流路22の流路壁23の材料として熱伝導の悪いものを用いれば良い。あるいは流路6もしくは液排出用流

路22もしくは液供給手段4の表面に小さな熱伝導率を有する材料の層を付加したり、流路壁23の内部に小さな熱伝導率を有する材料の層を挿入してもよい。このような層としては、たとえば高分子膜をコーティングしたり表面に金属酸化膜を形成すれば良い。こうすることにより、流路6ならびに液供給手段4内を通過する冷却前の冷却用流体が、流路22を通過する冷却後の温度上昇した流体により加熱され、温度が上昇するのを防ぐことができる。

第12図は第11図と同様に液排出用流路22を設けた他の実施例である。ここでは液供給手段4の断面形状をほぼ長方形とし、液排出用流路22を流れる流体の方向25を断面26の長軸方向とし、流路22内の圧力損失を低減したものである。なお第3図のA-B-C-D-E部は液供給手段出口部の採子をわかりやすく表わすために、流路壁23の一部を削除した部分である。

第13図は本発明に係る実施例であり、チップ裏面に冷却用のフィンを取付けたものである。フ

インの材質としては、熱伝導率の高い銅やアルミニウムなどの金属材料、あるいは炭化ケイ素のようなセラミック材料を用いれば良い。フィンとチップとの接合にはチップ表面にメタライズ層を形成した後半田等で接合すれば良い。さらに第14図および第15図はフィンの冷却性能を向上させるためのフィンの配置の一例である。第14図ではフィンは流れ方向に分割されている。フィン前縁部では温度境界層が薄いと関連して高い熱伝導率を与えることが知られており、このように配置することにより高い冷却性能を得ることができる。さらに第15図では分割されたフィンが千鳥状に配置された例であるが、この場合は上流側のフィンによる流体の温度上昇の影響を低減でき、一層冷却性能を高めることができる。

第16図は本発明の他の実施例であり、チップ裏面に冷却板を流れに直角方向に設置した例である。流れは冷却板に衝突し、剥離および再付着することにより、乱流化する。周知のように流れが乱流になることにより熱伝達は大幅に向上するた

め、チップの冷却には好適である。第17図はさらに冷却板31に開孔部32を設けたものである。冷却板に衝突する流れの一部は冷却板を乗り越え、また一部はこの開孔を通過して下流側の冷却板に衝突し、高い熱伝達領域を形成する。すなわちこの構造においては流れが乱流化すると共に、衝突噴流による熱伝達の増加も利用できるため、高い冷却性能が得られ、チップ冷却には好都合である。なお乱流促進用として、チップ裏面を粗面化する、チップ裏面に凹凸面を形成する、ワイヤ等を設置する、などして流れの不安定化を図つても良い。

このようにチップにフィンまたは冷却板等を設置する場合、フィンまたは冷却板等の寸法、形状あるいは枚数を変化させることにより、チップに対して種々の熱伝達特性を与えることができる。すなわちチップの発熱量が同一でなく、チップごとに除去すべき熱量が異なる場合にも上述した方法により、各チップに冷却板の熱伝達特性を適正化することによつて、チップ回路部の温度を均一にすることができる。これは一つのモジュール内

に発熱量の異なるチップを混在させて搭載させるような場合に非常に有効な方法であることは明らかである。

以上の例では主としてチップを強制対流により冷却する場合について述べたが、適当な沸点を有する冷却用流体を選定することにより強制対流冷却と同時にチップ表面で沸騰が生じるようにもすることができる。沸騰による伝熱性能を向上させるために、例えば特開昭60-229353号に示されているように微小な孔を多数設けた多孔スタッドをチップの裏面に設置する方法が知られている。したがって第13図あるいは第16図に示したフィンや冷却板等の代わりに、この多孔スタッドが設置しても良い。

第18図はモジュール基板3上に補修用ワイヤ51が接続されている場合に、流体が直接この補修用ワイヤに作用するのを防止するため、遮蔽板50を設置した本発明の実施例である。遮蔽板50には開孔52を設けチップ1がはまるようになっている。遮蔽板50は液供給手段4と一体化

させても良いし、モジュール基板3上に直接に半田等で取付けても良い。

モジュールの製作に当たっては、ヘッダとなる流路6、ならびにもし必要ならば排出用流路22に液供給手段4を取り付け、全体をモジュールキャップとして作成しチップを搭載したモジュール基板上に接合すれば良い。接合に当たっては、たとえばモジュール側面を封止するための側壁部封止板を用い、キャップ、側壁部封止板、モジュール基板を半田で固着すれば良い。

なお大型コンピュータにおいては、集積回路を形成したチップは第19図に示すように、チップ単体で、あるいは第20図、第21図に示すようにチップキャリア上に搭載された状態でモジュール基板上に実装されることが多い。良く知られているように、チップキャリアはチップ上の集積回路からの配線を相互に接続したり、拡大したりするものである。チップキャリアの構造としては、第20図に示すようにチップを露出させたものや、第21図に示すようにチップ部をキャップで封止

した構造のものがある。以上述べた実施例ではチップをそのままモジュール基板上に実装した場合について説明したが、チップの代りに第20図、第21図に示したような構造を持つチップキャリアを実装したモジュールに適用してても、同様の効果が得られる。

〔発明の効果〕

本発明によれば高い発熱量を持つチップを効率良く冷却できる。これに加えてチップ内温度を均一化できる。また接続用半田粒にかかる流体力の荷重を著しく低減でき、さらにモジュール基板上の補修用ワイヤに作用する流体力を減少させることができるため、半田粒およびワイヤの強度信頼性を増すことができる。本発明によればさらにチップごとに冷却性能を変えることができるため、モジュールに搭載された多数のチップの回路部温度を均一化できる。また一つのチップを冷却したことによる冷却用流体の温度上昇の影響が他のチップに及ぶことを防止できるため、チップの回路部温度に対して高精度の温度管理が可能となる。

このように高度の温度管理を行えるため、モジュールに搭載した多数の半導体集積回路の信頼性を向上させることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明装置の一実施例の断面図、第2図は衝突噴流による熱伝達率分布の一例を示す線図、第3図は本発明を用いた場合の熱伝達率分布の一例を示す線図、第4図は本発明の一実施例に係る液供給手段の断面図、第5図は液供給手段を不適切に設置した場合の例を示す断面図、第6図、第7図及び第8図はそれぞれ液供給手段の他の実施例を示す断面図、第9図は液供給手段の他の実施例を示す斜視図、第10図は流体出口形状の一例を示す断面図、第11図は本発明装置の別の実施例の断面図、第12図は本発明更に別の実施例を示すチップ冷却部の拡大図、第13図、第14図および第15図はそれぞれフィンの形状を変えた場合の実施例を示す斜視図、第16図はチップに冷却板を設置した例を示す斜視図、また第17図は冷却板の形状を変えた場合の例を示す斜視図。

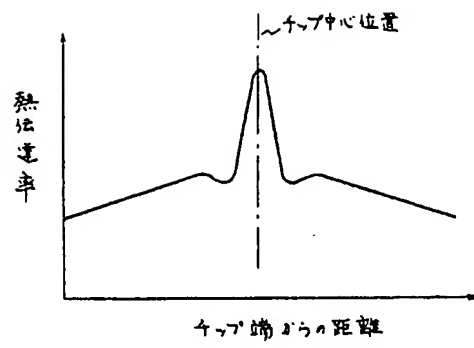
第18図はモジュール基板上の補修用ワイヤを保護するための流れの遮蔽板を用いた場合の一実施例を示す斜視図、第19図、第20図および第21図はそれぞれモジュールに搭載するチップの形態を示した図である。

1…半導体集積回路チップ、2…半田粒、3…モジュール基板、4…液供給手段、5…冷却用流体モジュール側入口、6…ヘッダ、7…冷却用流体モジュール側出口、8…モジュール封止用キャップ、9…モジュール側壁部封止板、10…封止用半田、11…I Oピン、21…冷却用流体排出口、22…冷却用流体排出用流路、23…流路壁、30…フィン、31…乱流促進冷却板、32…開孔、40…液噴出口、41…流体出口部流路、41a、41b…流体出口部流路壁、42…チップ裏面、50…流体遮蔽板、51…補修用ワイヤ、60…チップキャリア、61…チップキャリア封止用キャップ、62…チップキャリア封止用半田、63…半田粒。

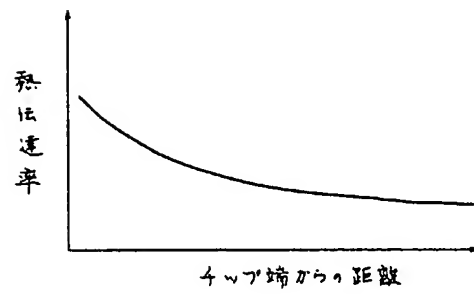
代理人 弁理士 小川勝男



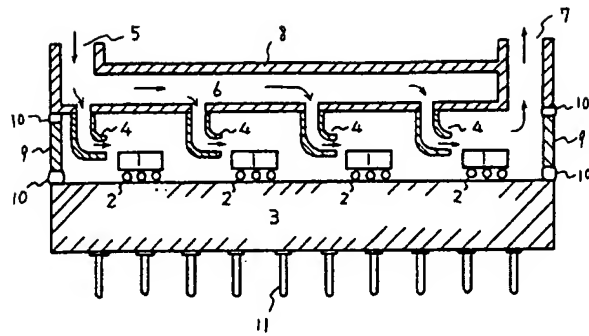
第 2 図



第 3 図

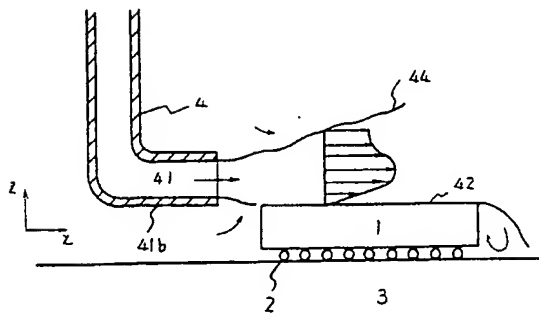


第 1 図

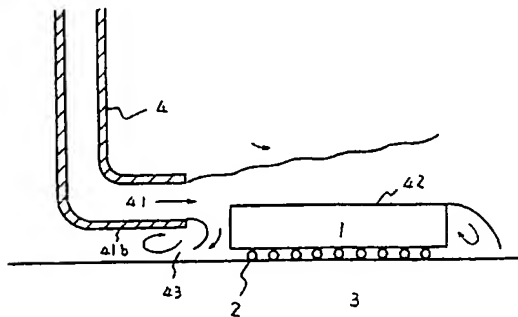


1... 半導体素子回路チップ
2... 半田粒

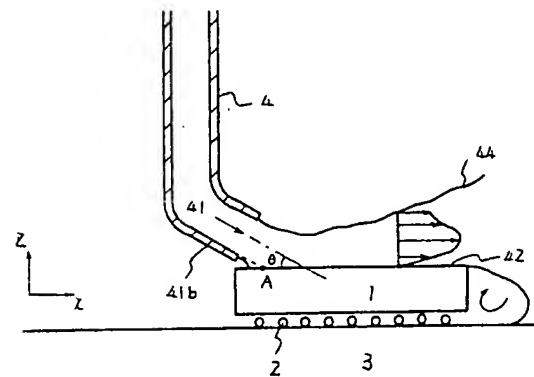
第 4 図



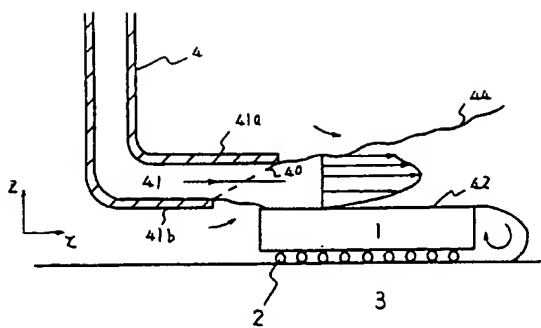
第 5 図



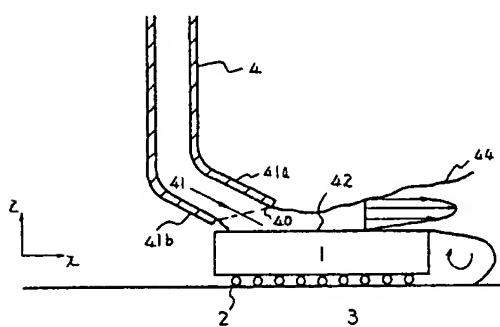
第 6 図



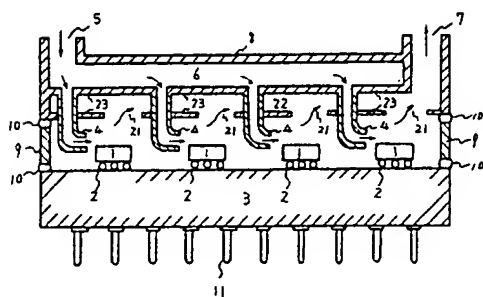
第 7 図



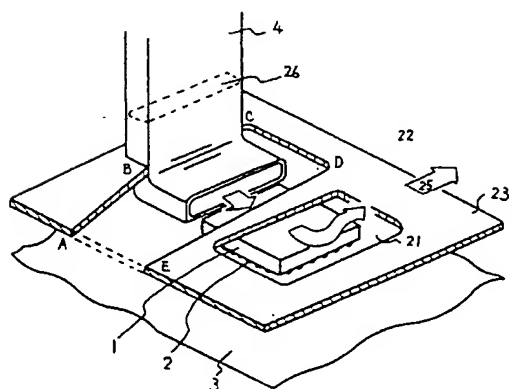
第 8 図



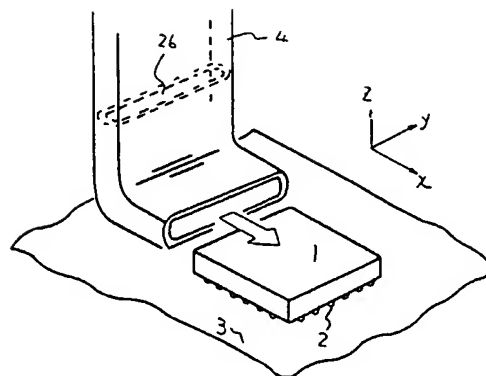
第 11 図



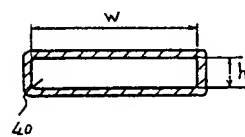
第 12 図



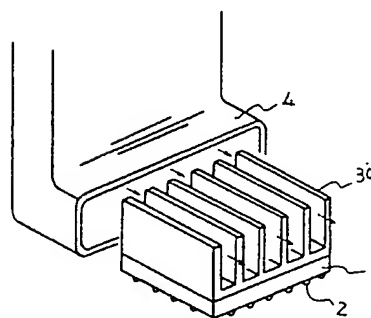
第 9 図



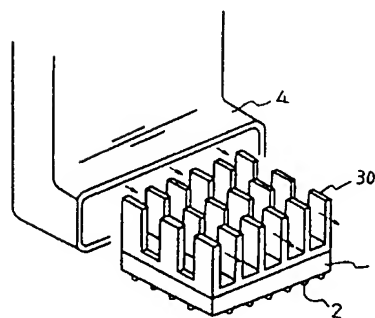
第 10 図



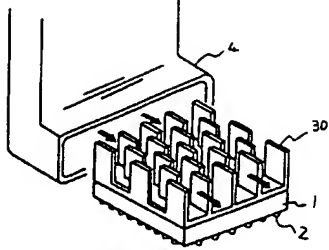
第 13 図



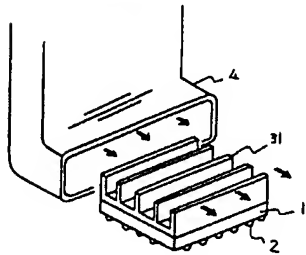
第 14 図



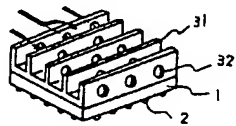
第 15 図



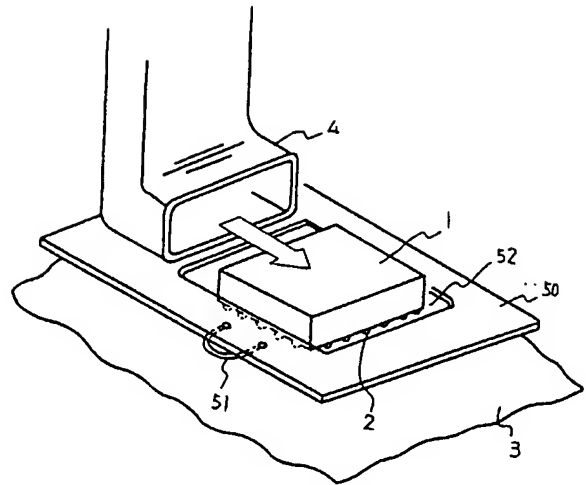
第 16 図



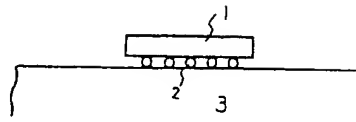
第 17 図



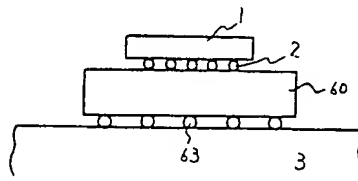
第 18 図



第 19 図



第 20 図



第 21 図

